

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-106807

(43)Date of publication of application : 27.04.1993

(51)Int.Cl. F23C 11/02  
F22B 1/02  
F23C 11/02

(21)Application number : 03-183513

(71)Applicant : EBARA CORP

(22)Date of filing : 28.06.1991

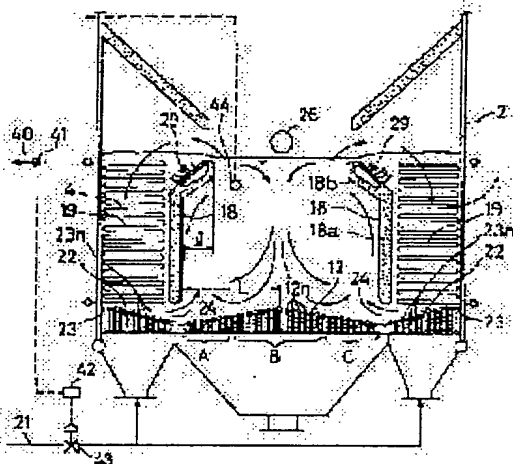
(72)Inventor : OSHITA TAKAHIRO  
NAGATOU SHIYUICHI  
MIYOSHI YOSHIHISA  
TOYODA SEIICHIRO

## (54) PRESSURIZED, INSIDE CIRCULATION TYPE FLUIDIZED BED BOILER

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a pressurized, inside circulation type fluidized bed boiler capable of performing load-controls without a change in the depth of a fluidized bed, minimizing generation of agglomerates and carbon monoxides and increasing the degree of desulfurization.

CONSTITUTION: The constitution of a fluidized bed main combustion chamber is as follows: An air distributor 12 is provided on the bottom of a combustor 2 in a pressure vessel to blow fluidizing air upward at mass velocities which are higher at least on one side than on the other side, and inclined partition walls 18b are provided over the higher-mass-velocity air blow part through which air is blown at a higher mass velocity, so that the up-flow of the fluidizing air blown from the higher-mass-velocity air blow part is restrained and deflected toward the lower-mass-velocity air blow part. Heat recovery chambers 19 are separated from the main combustion chamber by the reclined partition walls 18b, and heat transfer tubes 4 through which heat receiving medium flows are arranged in the heat recovery chambers 19. Heat recovery chamber air diffusers 22 are installed on the bottoms of the heat recovery chamber 19.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.06.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3015152

[Date of registration] 17.12.1999

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-106807

(43)公開日 平成5年(1993)4月27日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 2 3 C 11/02	3 1 0	7815-3K		
F 2 2 B 1/02		B 7715-3L		
		C 7715-3L		
F 2 3 C 11/02	3 1 1	7815-3K		

審査請求 未請求 請求項の数5(全 16 頁)

(21)出願番号 特願平3-183513

(22)出願日 平成3年(1991)6月28日

(71)出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72)発明者 大下 孝裕

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社  
荏原製作所内

(72)発明者 永東 秀一

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社  
荏原製作所内

(72)発明者 三好 敬久

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社  
荏原製作所内

(74)代理人 弁理士 渡邊 勇 (外1名)

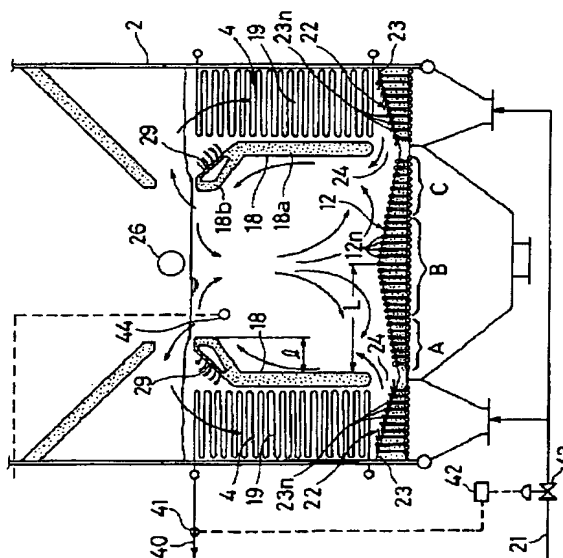
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 加圧内部循環型流動床ボイラ

(57)【要約】

【目的】 流動層高を変化させることなく負荷制御を行うことができ、アグロメの発生及び一酸化炭素の発生を最小限に抑えることができるとともに、脱硫率を上げることができる加圧内部循環型流動床ボイラを提供することを目的とする。

【構成】 圧力容器1内のコンバスタ2の底部には、上方に向けて少なくとも一側が他側より大きい質量速度で流動化用空気を噴出させる空気分散装置12を備えるとともに、質量速度の大きい空気噴出部上方に該部分から噴出する流動化用空気の上向流をさえぎり、かつ、流動化用空気を質量速度の小さい空気噴出部上方に向けて反射転向せしめる傾斜仕切壁18bを設けて流動床主燃焼室を構成するとともに、傾斜仕切壁18bによって主燃焼室と仕切られた熱回収室19を形成せしめ、熱回収室19内には受熱流体を通じた伝熱管4を配備するとともに、熱回収室19の底部に熱回収室散気装置22を設けた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 加圧容器内にコンバスタを配設し、該コンバスタ内の流動層内に伝熱管を有する加圧流動層で、石炭、オイルコークス等の燃料を燃焼し、燃焼ガスをガスタービンに導入するようにした複合発電システムにおける加圧流動床ボイラにおいて、コンバスタの底部には、上方に向けて少なくとも一側が他側より大きい質量速度で流動化用空気を噴出させる空気分散装置を備えるとともに、質量速度の大きい空気噴出部上方に該部分から噴出する流動化用空気の上向流をさえぎり、且つ該流動化用空気を質量速度の小さい空気噴出部上方に向けて反射転向せしめる傾斜仕切壁を設けて流動床主燃焼室を構成するとともに、該傾斜仕切壁によって前記主燃焼室と仕切られた熱回収室を形成せしめ、該熱回収室内には受熱流体を通じた伝熱面を配備するとともに該熱回収室の底部に熱回収室散気装置を設け、前記主燃焼室においては前記空気分散装置からの噴出空気量を制御して質量速度の小さい空気噴出部上方には流動媒体が沈降拡散する移動層を形成し、質量速度の大きい空気噴出部上方においては流動媒体が活発に流動化し前記移動層上部に向かって旋回せしめることにより旋回流動床を形成せしめるとともに、流動媒体の一部が前記傾斜仕切壁の上部を越えて前記熱回収室に入り込むようにし、前記熱回収室散気装置から噴出する散気量を制御して該熱回収室内の流動媒体を移動層の状態で沈降循環させるようにしたことを特徴とする加圧内部循環型流動床ボイラ。

【請求項2】 前記傾斜仕切壁の上部背面側に散気装置を設け、該散気装置近傍には層内伝熱管を配置せず、該散気装置の散気により熱回収室に入ってきた燃料を燃焼させるとともに攪拌・拡散させるようにしたことを特徴とする請求項1記載の加圧内部循環型流動床ボイラ。

【請求項3】 前記熱回収室散気装置は、前記主燃焼室側に向かって低くなるように傾斜しており、熱回収室の流動媒体を主燃焼室に向かって導くようにしたことを特徴とする請求項1記載の加圧内部循環型流動床ボイラ。

【請求項4】 前記熱回収室散気装置の散気空気の方角を主燃焼室側へ向け、熱回収室の流動媒体を主燃焼室に向かって導くようにしたことを特徴とする請求項1記載の加圧内部循環型流動床ボイラ。

【請求項5】 前記コンバスタ出口の排ガスから飛灰、チャー、石灰微粒子等を捕集する集塵装置を設け、該集塵装置によって捕集された捕集粒子をコンバスタフリーボード部へ戻すことを特徴とする請求項1記載の加圧内部循環型流動床ボイラ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は加圧内部循環型流動床ボイラに係り、特に加圧流動層で石炭、オイルコークスなどの燃料を燃焼せしめて、燃焼ガスをガスタービンに導入するようにした加圧流動床式複合発電システムにお

る加圧内部循環型流動床ボイラに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 今後ますます深刻になってくる大気汚染からくる地球環境破壊を考慮すると、CO<sub>2</sub>削減対策が重要になっている。また、エネルギー問題については原子力と石油には大きく頼れない現状を鑑みると、石炭に頼らざるを得なくなる時代がくると推測されている。このような観点から、CO<sub>2</sub>削減対策と石油代替エネルギーとして、高効率でコンパクト、クリーンな石炭火力が期待できる発電システムが求められている。

【0003】 さて、この場合、炭種に制限がある微粉炭ボイラではエネルギー事情の安定化のためには問題があるため、常圧型流動床ボイラ（AFBC）等が多品種石炭用として開発されてきた。

【0004】 ところが、常圧型流動床ボイラ（AFBC）自体期待された程の機能を発揮できていないこと、又、常圧型流動床ボイラでは蒸気タービンしか設置することができないため高効率化、大出力化に限界があることから、ガスタービンを利用した複合発電システムが可能な加圧型流動床ボイラ（PFBC）へ移行してきている。

【0005】 次に、従来の加圧型流動床ボイラを利用した複合発電システムを図15を参照して説明する。

【0006】 圧力容器30内には、コンバスタ31が配設されており、このコンバスタ31の底部にはコンプレッサ32から高圧空気が供給されるようになっている。コンバスタ31に隣接してベッド材貯蔵容器33が配設されており、このベッド材貯蔵容器33とコンバスタ31とは連通されていて、コンバスタ31とベッド材貯蔵容器33との間で流動媒体が移動可能になっている。また、コンバスタ31内の伝熱管34は蒸気タービン35に連通されている。

【0007】 一方、コンバスタ31の上部に隣接して集塵装置36が配設されており、排ガスは集塵装置36によって除塵された後、ガスタービン37に導入されるようになっている。次に、前述した構成の加圧流動床式複合発電システムの動作を説明する。

【0008】 石炭は粗粉碎され脱硫剤（石灰石など）とともにコンバスタ31内に供給される。コンバスタ31内では流動媒体（ベッド材、石炭、脱硫剤、灰等の混合物）により、コンプレッサ32からの高圧空気で高層高（約4m）の流動層が形成される。石炭は流動層の中で空気と攪拌され、加圧下で燃焼する。層内で発生した熱は流動層内伝熱管34により蒸気として回収され、蒸気タービン35を駆動し、発電機を駆動する。

【0009】 排ガスはボイラから排出され、集塵装置36により集塵された後、ガスタービン37を駆動する。ガスタービン37はコンプレッサ32を駆動するとともに、余剰の動力で発電機を駆動する。

【0010】 ガスタービン出口の排ガスは必要に応じN

Ox, 煤塵を低減し、節炭器38にて熱回収された後、煙突39から排出される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかるに、上述した図15に示す従来の加圧流動床式発電システムにおいては、流動層高を変化させて負荷制御する方法が採用されている。即ち、コンバスタ31内から流動媒体を抜き出してベッド材貯蔵容器33に送給し、流動層内伝熱面を露出させることによって、負荷制御を行っている。しかし、この負荷制御方法においては、伝熱面を露出させることによる熱伝達率の低下のため回収熱量が低下する。一方、流動層から排出されるガスは露出した伝熱面で冷やされるため、ボイラ出口即ちガスタービン入口ガス温度が低下し、ガスタービン出力を低下させるようになっている。しかしながら、該層高変化法は、高温の流動媒体を火炉から出したり入れたりする設備（貯蔵容器33）が必要であり、高温・高圧下でのその操作は並大抵ではなく、発熱密度が高い層粒子を貯蔵容器内へ出し入れする際にアグロメが発生するという問題点がある。

【0012】また、ボイラが加圧下にあるため、常圧流動床ボイラ（AFBC）以上にスプラッシュゾーンにおける層内伝熱管の摩耗という問題点がある。さらに、流動層を出たガスが層内管に冷却されること、及び層高が浅くなってガスの層内滞留時間が短くなることによって一酸化炭素（CO）の発生量が増大するという問題点がある。

【0013】さらに、上述した図15に示す従来の加圧流動床式発電システムにおいては、脱硫を行うために石灰石を流動媒体に混合させていたが、この石灰石は摩耗が激しく、脱硫反応に十分寄与することなく集塵装置36から飛灰として飛散してしまっていた。そのため、火力発電所が要求する高い脱硫率は望めず、脱硫率を上げようとすると膨大な量の廃棄物（飛灰）を作ることになるという問題点がある。

【0014】本発明は、前述した点に鑑みてなされたもので、その目的とする処は、流動層高を変化させることなく負荷制御を行うことができ、アグロメの発生及び一酸化炭素の発生を最小限に抑えることができるとともに、石灰石の利用率の向上を図り、かつ脱硫率を上げることができる複合発電システムにおける加圧内部循環型流動床ボイラを提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】前述した目的を達成するため、本発明の加圧内部循環型流動床ボイラは加圧容器内にコンバスタを配設し、該コンバスタ内の流動層内に伝熱管を有する加圧流動層で、石炭、オイルコークス等の燃料を燃焼し、燃焼ガスをガスタービンに導入するようにした複合発電システムにおける加圧流動床ボイラにおいて、コンバスタの底部には、上方に向けて少なくとも一側が他側より大きい質量速度で流動化用空気を噴出

させる空気分散装置を備えるとともに、質量速度の大きい空気噴出部上方に該部分から噴出する流動化用空気の上向流をさえぎり、且つ該流動化用空気を質量速度の小さい空気噴出部上方に向けて反射転向せしめる傾斜仕切壁を設けて流動床主燃焼室を構成するとともに、該傾斜仕切壁によって前記主燃焼室と仕切られた熱回収室を形成せしめ、該熱回収室内には受熱流体を通じた伝熱面を配備するとともに該熱回収室の底部に熱回収室散気装置を設け、前記主燃焼室においては前記空気分散装置からの噴出空気量を制御して質量速度の小さい空気噴出部上方には流動媒体が沈降拡散する移動層を形成し、質量速度の大きい空気噴出部上方においては流動媒体が活発に流動化し前記移動層上部に向かって旋回せしめることにより旋回流動床を形成せしめるとともに、流動媒体の一部が前記傾斜仕切壁の上部を越えて前記熱回収室に入り込むようにし、前記熱回収室散気装置から噴出する散気量を制御して該熱回収室内の流動媒体を移動層の状態に沈降循環させるようにしたことを特徴とするものである。

【0016】

【作用】前述した構成からなる本発明によれば、燃焼室と熱回収室とを同一炉内に機能的に分離したことにより、負荷制御は流動層高変化法によることなく、熱回収室の風量調節による層内伝熱管の総括熱伝達係数の変化により容易に行うことが出来るため、流動媒体の出し入れなどに伴う複雑な操作や設備が不要であり、又、流動媒体の出し入れの際に生ずるアグロメの発生を防止できる。また、負荷変化時であっても流動層温度を一定に保持できることから、常にNOx、SOx等の抑制に最適な温度条件で運転することが出来る。しかも、層内伝熱管は緩やかな流動状態にある熱回収室にのみ存在するため、激しい流動状態にある流動層内に配置された場合に比べ摩耗が少ない。

【0017】また、流動層内部に旋回流が形成されるため、流動層内での流れの滞留が無く、石炭等の燃料が均一に分散燃焼するため、アグロメの発生を防止できる。そして、流動層を出たガスが層内管で冷却されることがないため、一酸化炭素（CO）の発生量を低く抑えることができる。

【0018】

【実施例】以下、本発明に係る加圧内部循環型流動床ボイラの実施例を図1乃至図13を参照して説明する。

【0019】図1は本発明に係る加圧内部循環型流動床ボイラを備えた複合発電システムの基本構成図である。同図において、符号1は压力容器であり、この压力容器1内にはコンバスタ2が設置されている。压力容器1はコンプレッサ3に連通されており、压力容器1内は所定圧力に加圧されるようになっている。また、コンバスタ2内の伝熱管4は蒸気タービン5の入口に連通されている。そして、蒸気タービン5の出口はコンデンサ6、節

炭器7を介して伝熱管4に連通されており、蒸気サイクルが形成されている。

【0020】また、コンバスタ2の上部より排ガスが排出されるようになっており、コンバスタ2より排出された排ガスは複数段の集塵装置8を介してガスタービン9に導入されるようになっている。ガスタービン9の出口の排ガスは、節炭器7で熱回収された際、煙突10から排出される。1段目の集塵装置8により捕集された飛灰、チャー、石灰微粒子等は、コンバスタフリーボード部に戻されて再循環されるようになっている。

【0021】次に、加圧内部循環型流動床ボイラの詳細構造を図2及び図3を参照して説明する。

【0022】压力容器1内に設置されたコンバスタ2内には、図3に示されるように底部に流動化用の多数のノズル12nが列設された流動化用空気分散装置12が設けられており、これらノズル12nを有した空気分散装置12は、両側縁部A、Cが中央部Bより低く、コンバスタ2の中心線に対してほぼ対称的な山形断面状（屋根状）に列設されている。そして、コンプレッサ3から送られる流動化用空気は、流動化用空気導入管13、压力容器1を経てノズル12nから上方に噴出せしめられるようになっており、空気分散装置12の両側縁部A、Cから噴出する流動化用空気の質量速度は、炉内の流動媒体の流動層を形成するのに十分な速度とするが、空気分散装置12の中央部Bから噴出する流動化用空気の質量速度は両側縁部A、Cよりも小さく選ばれている。

【0023】前記空気分散装置12の両側端のやや上方には、仕切壁18が設置されている。仕切壁18は垂直仕切壁18aと傾斜仕切壁18bとからなり、この傾斜仕切壁18bは流動化用空気の上向き流路をさえぎり、両側縁部A、Cのノズル12nから噴出される流動化用空気を炉内中央に向けて反射転向させる反射壁として機能し、この傾斜仕切壁18bと噴出する流動化用空気の質量速度の差により図3中矢印で示す方向の旋回流が生ずる。一方、この仕切壁18の背面とコンバスタ壁間に熱回収室19が形成され、運転中に流動媒体の一部が傾斜仕切壁18bの上部を越えて熱回収室19に入り込むように構成されている。そして、熱回収室19内には前記伝熱管4（図1にて既に説明）が配設されており、熱回収室19を下方に移動する流動媒体と熱交換を行うことにより流動媒体から熱を回収するようになっている。

【0024】本発明においては、傾斜仕切壁18bの傾斜部分は、水平に対して10度ないし60度、好ましくは25度ないし45度傾斜させて設けると共に、その炉底に対する水平方向投影長さ1を当該炉底部水平長さLの1/6ないし1/2の長さ、好ましくは1/4ないし1/2の長さに形成される。

【0025】この傾斜仕切壁の水平に対する角度及び水平方向投影長さは、何れも流動床主燃焼室における流動媒体の流動状態ならびに熱回収室に入り込む粒子の量に

影響を与える。なお、Lと1の意義、及び流動媒体の流れの様子のみを記載した図面を図12に示す。

【0026】一方、傾斜部分の角度が水平に対し10度より小さくてもあるいは60度より大きくても良好な旋回流が形成されず燃料の燃焼状態が悪くなる。この角度は25度ないし45度が好ましく、特に約35度の角度で設置するのが好ましい。

【0027】また傾斜仕切壁の炉底に対する水平方向投影長さ1が当該炉底部の長さLの1/2より大きい場合、図13に示すように傾斜仕切壁により反射転向させられた流動媒体が上部へ吹き上がり、石炭等の燃料も上方へ吹き上げるため、燃焼室に投下される燃料の燃焼状態が悪くなる。

【0028】一方、図14に示すように、傾斜仕切壁の炉底に対する投影長さ1が炉底部水平長さLの1/6より小さい場合も燃焼室における流動媒体の旋回流の形成、特に炉中心部における移動層の形成状態が悪化し、前と同様燃料の呑み込み拡散効果が悪くなるとともに熱回収室への流動媒体の反転流も不十分となる。

【0029】また、熱回収室19の下部にはコンプレッサ3から導入管21を経て空気等のガスを導入する熱回収室散気装置22が設けられている。熱回収室散気装置22は、図3に示されるように列設された多数のノズル23nを備えた傾斜板23から構成されており、傾斜板23は燃焼室側からコンバスタ壁側に向かうにつれて高くなるように傾斜して配設されている。熱回収室19の散気装置22を設置した近傍には開口部24が設けられ、熱回収室19に入り込んだ流動媒体は、運転状態によって連続的又は断続的に移動層を形成しつつ沈降し、開口部24から燃焼部へ循環する。

【0030】一方、熱回収室19の上部で傾斜仕切壁18bの背面側に散気装置29が設けられている。この散気装置29は熱回収室19に入ってきた石炭を噴き飛ばし燃焼させるとともに攪拌・拡散させるようになっている。なお、散気装置29の近傍には、伝熱管4は配置されていない。

【0031】熱回収室19における流動媒体の沈降循環量は、熱回収室散気風量、燃焼部の流動化用空気量によって制御される。すなわち、流動媒体が熱回収室19に入り込む量 $G_1$ は図4に示すように燃焼部を流動させるために空気分散装置12から噴出する流動化用空気、特に両側縁部A、Cにあるノズル12nから噴出する流動化用空気の量を増やすと、増加する。また、図5に示すように熱回収室散気風量を0～1 Gmfの範囲で変化させると、熱回収室内を沈降する流動媒体量は、ほぼ比例して変化し、熱回収室散気風量が1 Gmf以上の場合にはほぼ一定となる。この一定となる流動媒体量は熱回収室に入り込む流動媒体量 $G_1$ にほぼ等しく、熱回収室内を沈降する流動媒体量は $G_1$ に応じた量となる。この両風量を調節することにより、熱回収室19内を沈降する流動媒

体の沈降量は制御される。

【0032】0～1 Gmfの固定層の範囲において流動媒体が沈降するのは、熱回収室と流動床主燃焼室との流動媒体の重量差（流動層高差）によるものであり、1 Gmf以上では流動媒体層高は移動層部が若干高いか、ほぼ同一となる。そして、この循環流を補佐するものが傾斜仕切壁による十分な流動媒体量の熱回収室への反転流である。

【0033】ここで、流動層高と流動媒体循環量（該反転流）の関係について詳しく説明する。

【0034】流動層表面が傾斜仕切壁上端より低い位置にある場合、傾斜仕切壁に沿って下より上昇する空気流は、傾斜仕切壁によって方向性を与えられ、傾斜仕切壁に沿って流動層より噴出し、それに伴い流動媒体も方向性を与えられて噴出する。噴出した空気流は、流動層内と異なり流路内に充填されていた流動媒体が無くなり流路断面が急激に広がる場所から噴流も拡散し数m/秒以下の流速のゆるやかな流れとなって上方に排気され、従って同伴されていた流動媒体は、その流速によって運ばれるには粒径が1 mm前後と大きいので、重力や排ガスとの摩擦により運動エネルギーを失い落下する。

【0035】ところで、流動層表面が、傾斜仕切壁の上端より上にある場合には、仕切壁によって寄せ集められた流動化空気の一部は、旋回流型流動床炉同様に方向性を持って反射仕切壁に沿って吹き出すが、もう一部は気泡の破裂による突沸現象により火花のように反射仕切壁上端よりほぼ直上に沸出し全周囲に落下する。そのため流動媒体の一部は、傾斜仕切壁の背面、即ち熱回収室へ大量に入り込むことになる。

【0036】即ち、傾斜仕切壁の上端より上にある程、傾斜仕切壁による噴出流動媒体の方向性は真上方向に近くなる。そのため傾斜仕切壁の上端を少し越えた程度の場合が流動媒体の熱回収室へ入り込む量が大きくなる。

【0037】図4に、流動床主燃焼室における傾斜仕切壁下部の流動空気量と熱回収室に循環される流動媒体循環量との関係を示す。

【0038】例えばL<sub>1</sub>の状態で作動していて、流動媒体の摩耗等により飛散して流動層高が下がると、流動媒体循環量は一気に、例えば1/10以下に少なくなり、必要な熱回収が行えないという状態に陥る。そこで重要になってくるのが該流動空気量であり、4 Gmf以上好ましくは6 Gmf以上であれば流動層高が変化しても、G<sub>1</sub>/G<sub>0</sub>は1以上となり、必要十分量の流動媒体循環量が得られるわけである。

【0039】また、熱回収室底部の散気装置から噴出される空気の質量速度が0～3 Gmf、好ましくは0～2 Gmfとし、傾斜仕切壁下方の空気分散装置12から噴出する流動化用空気の質量速度が4～20 Gmf、好ましくは6～12 Gmfとすることにより、つまり、燃焼室側を熱回収室側より常に大きな値とすることにより、流動媒体

の熱回収室から流動床主燃焼室への戻り量を制御することができる。

【0040】また、熱回収室の移動層について補足すると、学術的な表現では0～1 Gmfが固定層であり、1 Gmf以上を流動層というが、安定な流動層を形成するためには最低2 Gmf以上必要なことは一般に知られている。一方、本発明による常時沈降移動している移動層（moving bed）の場合には、1.5～2 Gmf程度まではバブリングによる移動層の破壊を生じることなく、良好な沈降移動層を形成する。これは流動媒体粒子が振動するように沈降・移動しながら細かく動いているため、流動用空気が小さな気泡となって層上部へ均一に流れるからであると考えられる。

【0041】一方、熱回収部での伝熱係数は熱回収室散気風量を0～2 Gmfまで変化させると図7に示すように大きく変化する。

【0042】ここで、熱回収室における移動層の形成による負荷応答特性等の特性を説明する。

【0043】一般的な総括熱伝達係数と流動化速度の関係を図6に示す。流動化速度0～1 Gmfの間での総括熱伝達係数の増加はわずかであり、1 Gmfを超えた時点で急激に増加する。本現象を利用した流動床ボイラのターンダウン法として、Wing Panel Type が紹介されているが DOE Report, 6021(2), 655～663(1985)、流動化速度の変化による熱伝達係数は insensitive（固定層） or too sensitive（流動層）と紹介されている。

【0044】なお、外国での特許明細書によると、本技術と同じように燃焼室と熱回収室とを区分したものがいくつか見られるが、仕切の構成はほとんど垂直であり、熱回収室の流動媒体は固定層と流動層への変化であり、熱回収量小の時は固定層、熱回収量大の時は流動層となつて下から上へ噴き上げる方法が主である。これは、垂直仕切りでは、傾斜仕切りのような反転流が生じにくいので、燃焼室と熱回収室を共に流動状態（水のような状態）にして両者の流動媒体を交流せざるを得ないことによる。仕切を傾斜した構成のものもあるが、スクリーで循環する方法であり、散気空気によるものではない。

【0045】熱回収室移動層における総括熱伝達係数と熱回収室散気風量の関係を図7に示す。総括熱伝達係数は図7に示すようにほぼリニアに変化するため、熱回収量、流動層主燃焼室温度が任意に制御可能となる。しかもその制御は熱回収室散気風量の変化だけで容易に行える。

【0046】また、層内伝熱管の摩耗速度は流動化速度の3乗に比例すると言われており、その関係を図示したものが図8である。すなわち、熱回収室の移動層に吹き込まれる散気風量を0～3 Gmf、好ましくは0～2 Gmfにすることにより、伝熱管の摩耗の問題も解消できる。

【0047】熱回収量を制御するためには、前述のよう

に、流動媒体循環量を制御すると同時に熱伝達係数を制御する。すなわち、熱回収室の散気風量を増加させると、流動媒体循環量が増加すると同時に熱伝達係数が増加し、相乗効果として熱回収量は大幅に増加する。このことは、流動層中の流動媒体の温度の面から考えれば、流動媒体の温度が所定の温度以上に上昇するのを防ぐ効果にあたる。

【0048】熱回収室19に散気ガスを導入する手段としては種々の装置が考えられるが、一般的には熱回収室19内のスペースを有効に利用するため熱回収室19の底部に設置される。

【0049】また散気装置22において、散気空気を噴出するノズル23nは、流動媒体を熱回収室19より燃焼室へ導き易くするため、燃焼室側へ向かって噴き出すようにしている。

【0050】また、ノズルの口径は、散気風量2 Gmfで散気装置22の全長にわたってほぼ均一な散気風量を出すように口径を決めるのが好ましい。すなわち、この時が、熱回収室の全ての伝熱面が最高の熱回収量を得ることができ、しかも伝熱面の摩耗も全ての伝熱面において、摩耗速度を小さくすることができるからである。

【0051】図3において、符号26は炉上部に設けられた燃料投入口であり、石炭、オイルコークス等の燃料はニューマチックコンベア（図示せず）によってコンバスタ2内に投入されるようになっている。

【0052】次に、前述のように構成された加圧内部循環型流動床ボイラの作用を説明する。

【0053】燃料投入口26より炉内に投入された燃料Fは、流動化用空気により旋回流動している流動媒体と共に流動しながら燃焼する。この時、空気分散装置12の上方中央部B付近の上方にある流動媒体は激しい上下動は伴わず、弱い流動状態にある下降移動層を形成している。この移動層の幅は、上方は狭いが裾の方は左右に拡散していき、裾の一部は空気分散装置12の両側縁部A、Cの上方に達している。この両側縁部A、Cからの大きな質量速度の流動化用空気の噴射を受けて吹き上げられる。すると、裾の一部の流動媒体が除かれるので、分散板12の中央部Bの真上の層は自重で下降する。この層の上方には、後述のように流動層からの流動媒体が補給されて堆積し、これを繰り返して空気分散装置12の中央部Bの上方の流動媒体は徐々に連続的に下降する移動層を形成する。

【0054】空気分散装置12の両側縁部A、C上に移動した流動媒体は上方に吹き上げられるが、傾斜仕切壁18bに当たって反射転向して炉の中央に向かって旋回せしめられ、中央部の移動層の頂部に落下し、再び前述のように循環されると共に、流動媒体の一部は傾斜仕切壁18bの上部を越えて熱回収室19内に入り込む。そして熱回収室19に堆積した流動媒体の沈降速度が遅い場合には、熱回収室の上部には安息角を形成し、余剰の

流動媒体は傾斜仕切壁上部から流動床主燃焼室に落下する。

【0055】熱回収室19内に入り込んだ流動媒体は、散気装置22から吹き込まれるガスによって緩やかな流動が行われつつ徐々に下降する沈降循環層が形成され、伝熱管4との熱交換が行われたのち、開口部24から流動床主燃焼室へ還流される。

【0056】熱回収室19内では散気装置22から導入される散気空気の質量速度は0～3 Gmf、好ましくは0～2 Gmfの範囲内の値から選ばれる。

【0057】その理由は、図7に示される如く2 Gmf以下で熱伝達係数は最小から最大まで変化し、且つ、図8に示される如く摩耗速度が小さい範囲で制御できるからである。

【0058】また、熱回収室は炉内の主燃焼領域外であり、還元性雰囲気のような強い腐食性領域ではないために、従来のものと比べて伝熱管4が腐食を受けにくく、また、前述のようにこの部分では流動速度も低い。伝熱管4の摩耗も極めて少ない。流動化用空気の質量速度0～2 Gmfの範囲において、実際には流動媒体温度及び粒径にもよるが、例えば800℃において空気速度は0～0.4 m/秒（空塔速度）と極めて低速度である。

【0059】また、熱回収室19内の伝熱は、流動媒体と伝熱管4との直接接触による伝熱に加えて、流動媒体の移動により不規則に振動しながら上昇するガスを媒体とした伝熱がある。後者は、通常のガス-固体間の接触伝熱に対し、伝熱の妨げとなる固体表面の境界層がほとんど存在せず、また流動媒体同志が移動によってよく攪拌されるために、静止媒体と異なり粉体の中での伝熱が無視できるようになり、極めて大きな伝熱特性を示す。したがって、本発明の熱回収室においては、通常の燃焼ガスボイラに比較して5倍以上の熱伝達係数をとることができる。

【0060】このように、流動媒体と伝熱面との伝熱現象は流動の強弱に大きく依存しており、散気装置22から導入するガス量の調節による流動媒体循環量も調節でき、且つ、移動層による熱回収室19を炉内において主燃焼室から独立させることで、コンパクトでかつターンダウン比が大きくて制御容易な流動層による熱回収装置とすることができる。

【0061】このようにして、層内で発生した熱は熱回収室19内の伝熱管4により蒸気として回収され、蒸気タービン5を駆動して、発電機を駆動し、発電する（図1参照）。

【0062】一方、排ガスはボイラの上部から排出され、複数段の集塵装置8により集塵された後、ガスタービン9を駆動する。ガスタービン9はコンプレッサ3を駆動するとともに、発電機を駆動し発電する。また、1段目の集塵装置8により補集された飛灰、チャー、石灰微粒子等はコンバスタフリーボード部に戻されて炉内に



供給され再循環される。

【0063】ガスタービン出口の排ガスは、必要に応じNO<sub>x</sub>、煤塵を低減し、節炭器7で熱回収された後、煙突10から排出される。

【0064】石炭や石油コークスのように燃焼速度の遅い燃料を用いたボイラにおいては、蒸発量を急に变化させたくとも燃焼速度に見合った速度でしか变化できない場合が多く、バブリング式ボイラにおいては流動層温度を介して熱回収を行うためにそれより更に劣る。

【0065】しかしながら、本発明においては熱回収室における伝熱量を、熱回収室散気量を変化させることにより、瞬時に数倍ないし数分の一に変化させることができる。従って、燃料供給量変化による流動層への入熱量変化は燃焼速度に左右されるため、時間遅れを生じるけれども、本発明の熱回収室における流動媒体からの熱回収量は熱回収室散気量で急速に変化させることができ、入熱量と熱回収量の応答速度の差を流動媒体の温度の一時的な温度変化として、流動層を形成する流動媒体の顕熱蓄熱能により吸収できる。このため熱を無駄なく利用することができ、従来の石炭だきボイラの類にはなかった追従性の良い蒸発量制御が可能となる。

【0066】図3においては、空気分散装置12を山形構造としたが、両側縁部A、Cのノズル12nから噴出する流動化用空気量を4Gmf以上とすれば、傾斜仕切壁の作用により流動層主燃焼室に旋回流を形成することができるため、石炭のような不燃物含有量の少ない燃焼物を燃焼させる場合には空気分散装置12は水平でも良い。

【0067】以上述べたように本発明の流動床ボイラの熱回収性能は極めて優れたものであるが、次に本発明のボイラの制御方法について説明する。

【0068】即ち、本発明においては、熱回収室からの熱回収量は負荷に応じて熱回収室散気装置から噴出するガス量を制御することにより制御し、かつ、流動床主燃焼室の温度は該燃焼室の温度又は蒸気圧力に基づいて燃料投入量を制御することにより行うものであるが、本発明のボイラは熱伝達係数が任意に調整でき、かつ熱回収量の変化は流動媒体の顕熱の変化として吸収しうるので負荷変動に直ちに応答できるとともに安定した状態でボイラを運転できる。

【0069】図3に基づいて説明すると、例えば伝熱管4から引き出される蒸気の温度が不足した場合には、蒸気引出し管40上の温度検出機41で検知された温度に基づいて熱回収室散気装置22への散気用空気調整用バルブ43の開度制御器42によりバルブ43を開の方向に制御し、散気用空気の吹込み量を大とすることにより熱回収量を増加し、蒸気の温度を負荷に対応した温度まで引上げる。

【0070】また、流動層の温度を温度検出器44により検知し、該温度に基づいて流動床主燃焼室への燃料供

給量及び／又はノズル12nへの空気供給量を制御することにより流動層主燃焼室の温度が一定範囲内でコントロールされる。

【0071】また、別の方法では、例えば負荷変動で必要蒸気量が変化した場合、蒸気圧力が最も速く追従して変化するため、この圧力信号によって流動床主燃焼室への燃料供給量を制御するという方法もとられる。

【0072】実際に蒸気流量を100%から65%にステップ変化をした場合の応答特性を図9及び図10に示す。

【0073】図9は、蒸気量及び蒸気圧力の変化を示し、図10は流動層温度の変化を示したものであるが、図9に見られるように蒸発量の変化速度がはやく、100%負荷から75%負荷までは約1分で到達し、全体としては3分40秒で安定した。

【0074】一方、その間の圧力変動は+0.1~-0.3kg/cm<sup>2</sup>の範囲に収まっており流動層温度についても図10に示すごとく、+11℃~-3℃の幅で変化をするにとどまっており、約20分後には+4℃で安定した。即ち、本発明による制御方式における応答の早さ、及び安定した制御性を実証するものである。

【0075】更に図11には蒸発量を100%→55%→30%→55%と連続ステップ変化を行った場合の応答特性を示すが、この場合でも応答が早くかつ安定した制御性が得られることがわかる。

【0076】

【発明の効果】本発明の効果を以下に列挙する。

(1) 燃焼室と熱回収室とを同一炉内にて機能的に分離したことにより、負荷制御は流動層高変化法によることなく、熱回収室の風量調節による層内伝熱管の総括熱伝達係数の変化により容易に行うことが出来るため、流動媒体の出し入れなどに伴う複雑な操作や設備(ベッド材貯蔵容器等)が不要であり、又、流動媒体の出し入れの際に生ずるアグロメの発生を防止できる。また、負荷変化時であっても、流動層温度を一定に保持できることから、常にNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>等の抑制に最適な温度条件で運転することが出来る。しかも、層内伝熱管は緩やかな流動状態にある熱回収室にのみ存在するため、激しい流動状態にある流動層内に配置された場合に比べ摩擦が少ない。

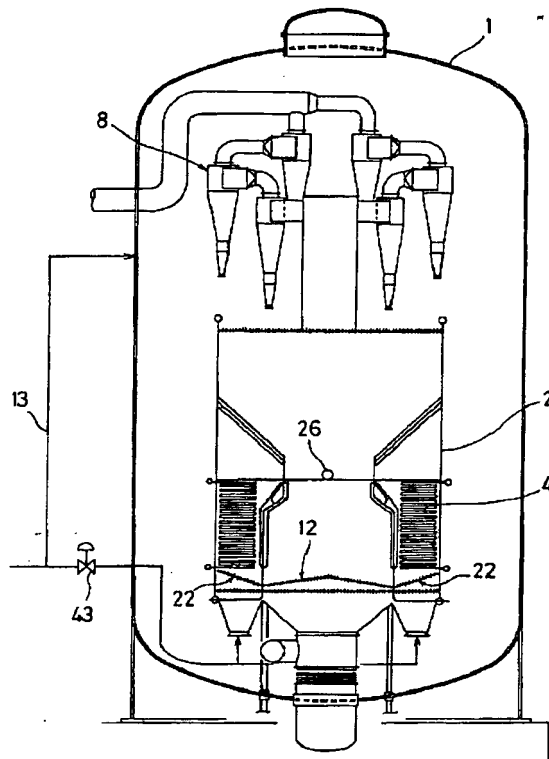
(2) 流動層内部に旋回流が形成されるため、流動層内での流れの滞留が無く、石炭等の燃料が均一に分散燃焼するため、アグロメの発生を防止できる。また、流動層を出たガスが層内管で冷却されることがないため、一酸化炭素(CO)の発生量を低く抑えることができ、又、燃料比の高い石炭についても高い燃焼効率を期待できるため幅広い炭種に適応が可能である。そして、投入された石炭等の燃料の分散が速やかに行われるため石炭の供給方法を簡素化出来る。

(3) コンバスタ出口の排ガスから回収された飛灰、チ

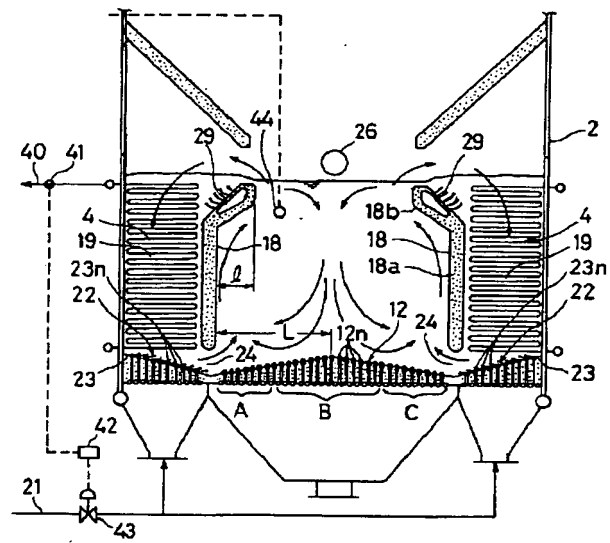
29 燃料及入口

29 散気装置

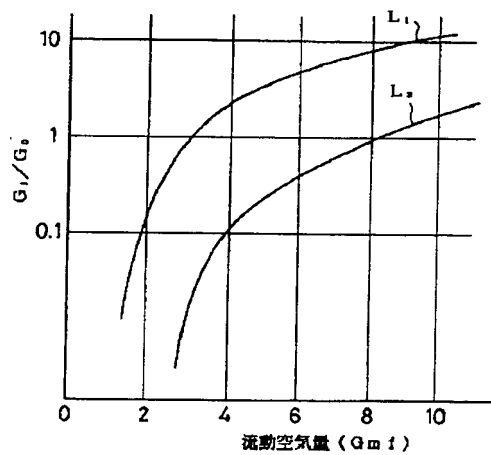
【図2】



【図3】

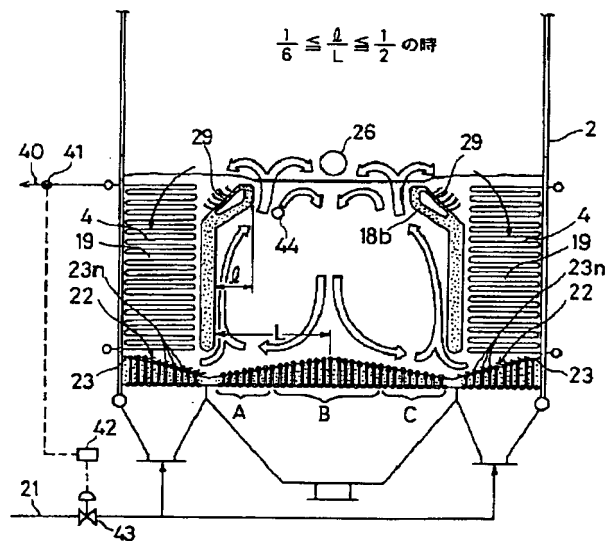


【図4】

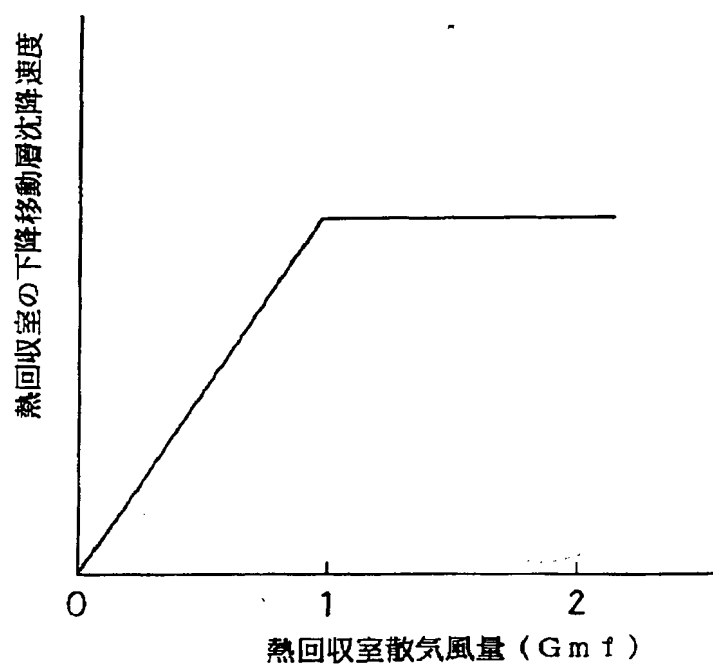


注:  $G_{mf}$  は最低流動化質量速度  
 $G_1$  は流動媒体循環量  
 $L_1$  は流動層高が流動空気を吹き込まない状態で仕切壁上端までである場合  
 $L_2$  は流動空気吹込時の燃焼部における流動層高がほぼ仕切壁上端になる場合  
 $G_2$  は  $L_1$  の場合の燃焼室における傾斜仕切壁下部の流動空気量  $3 G_{mf}$  における流動媒体循環量

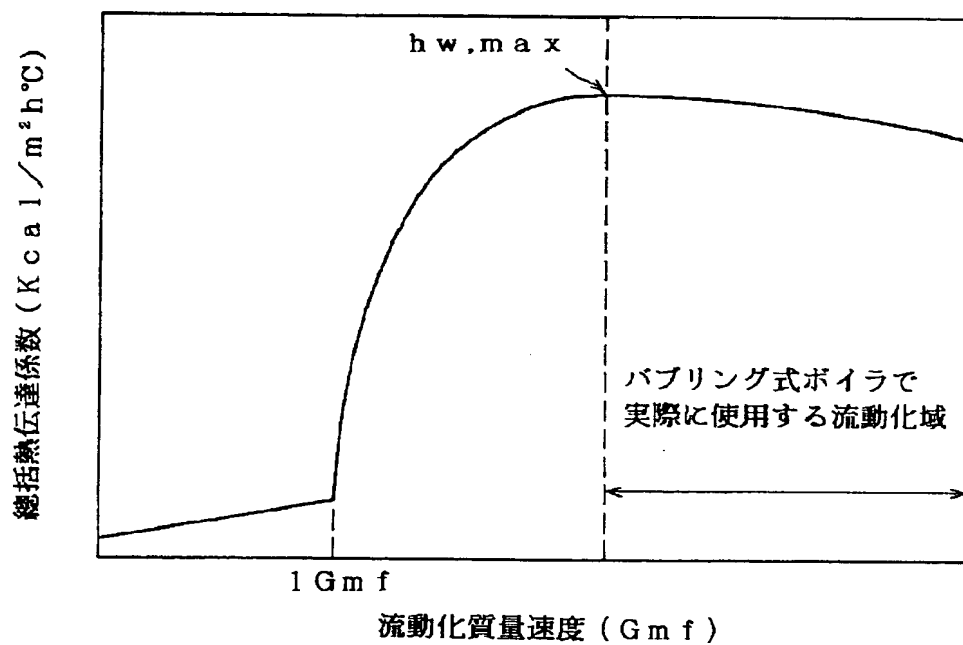
【図12】



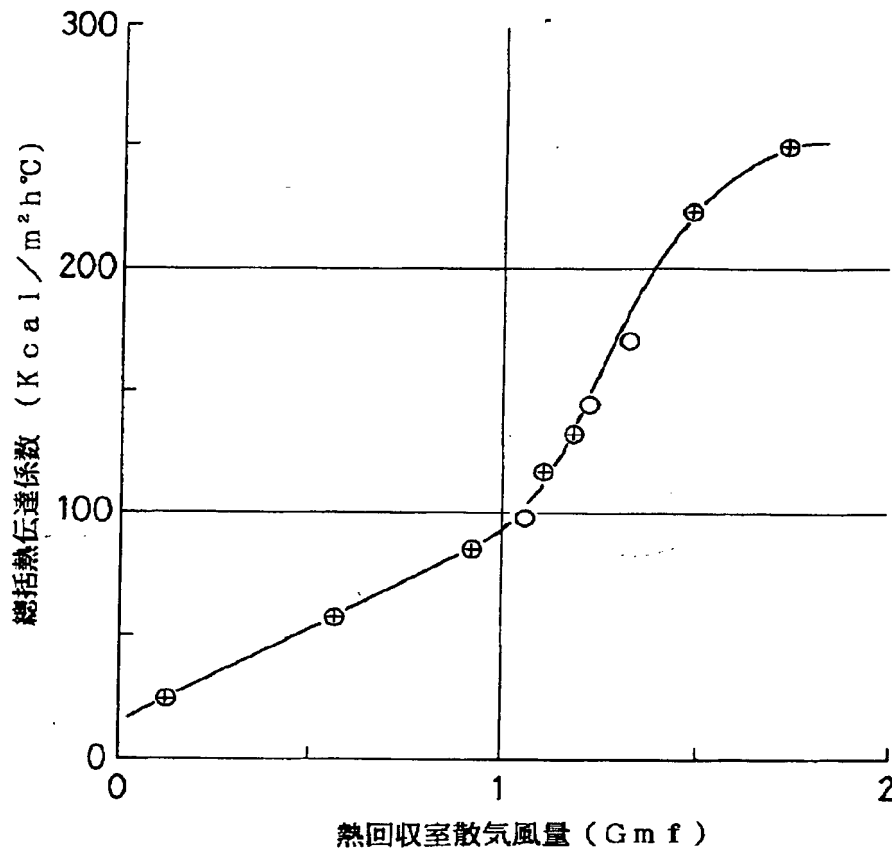
【図5】



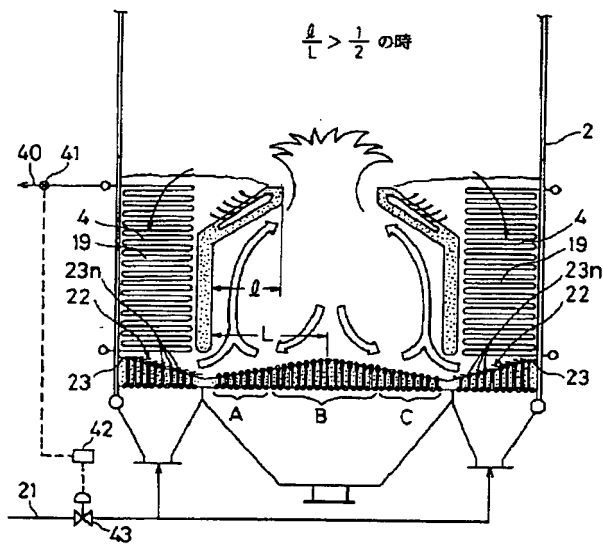
【図6】



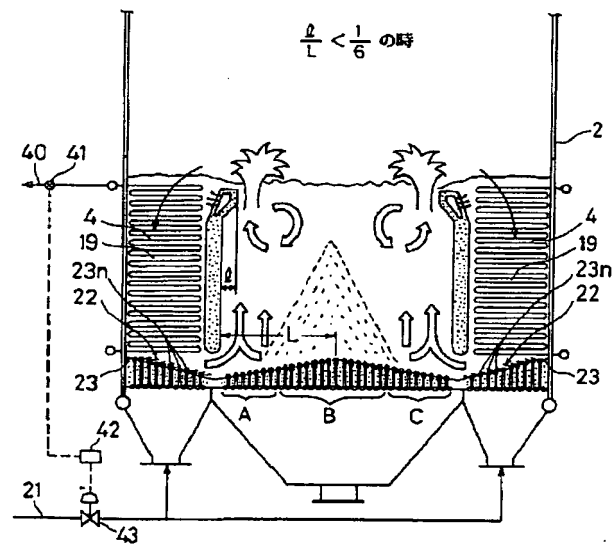
【図7】



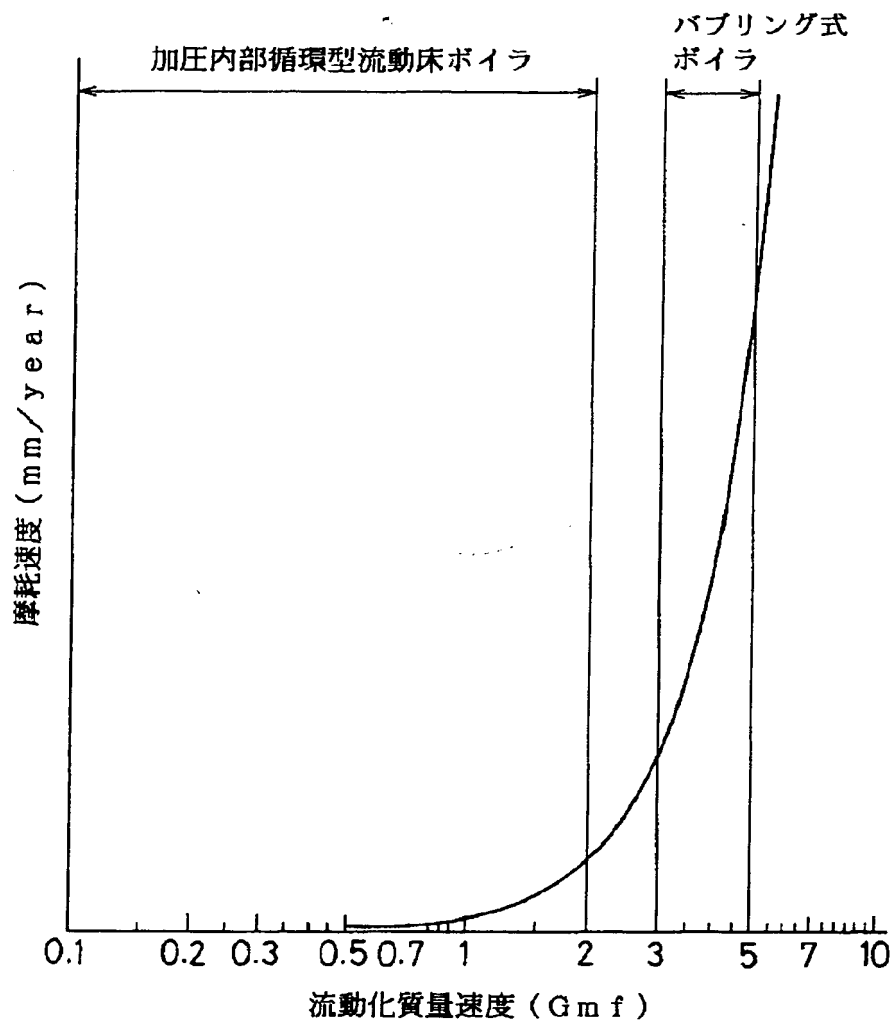
【図13】



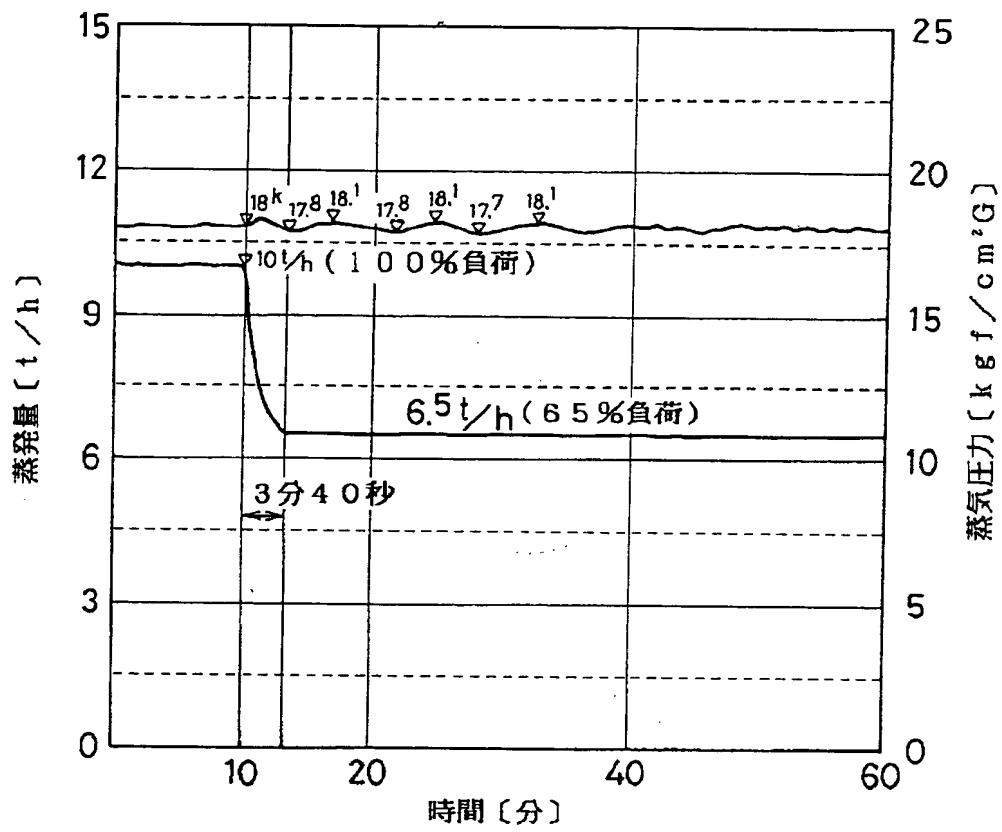
【図14】



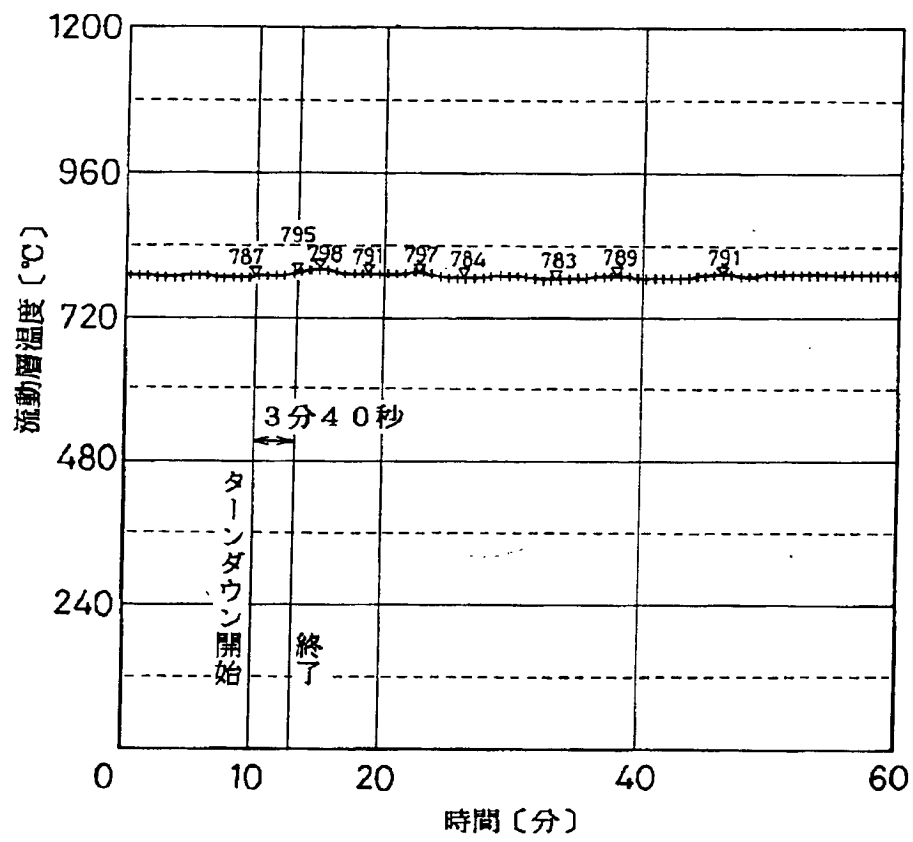
【図8】



【図9】

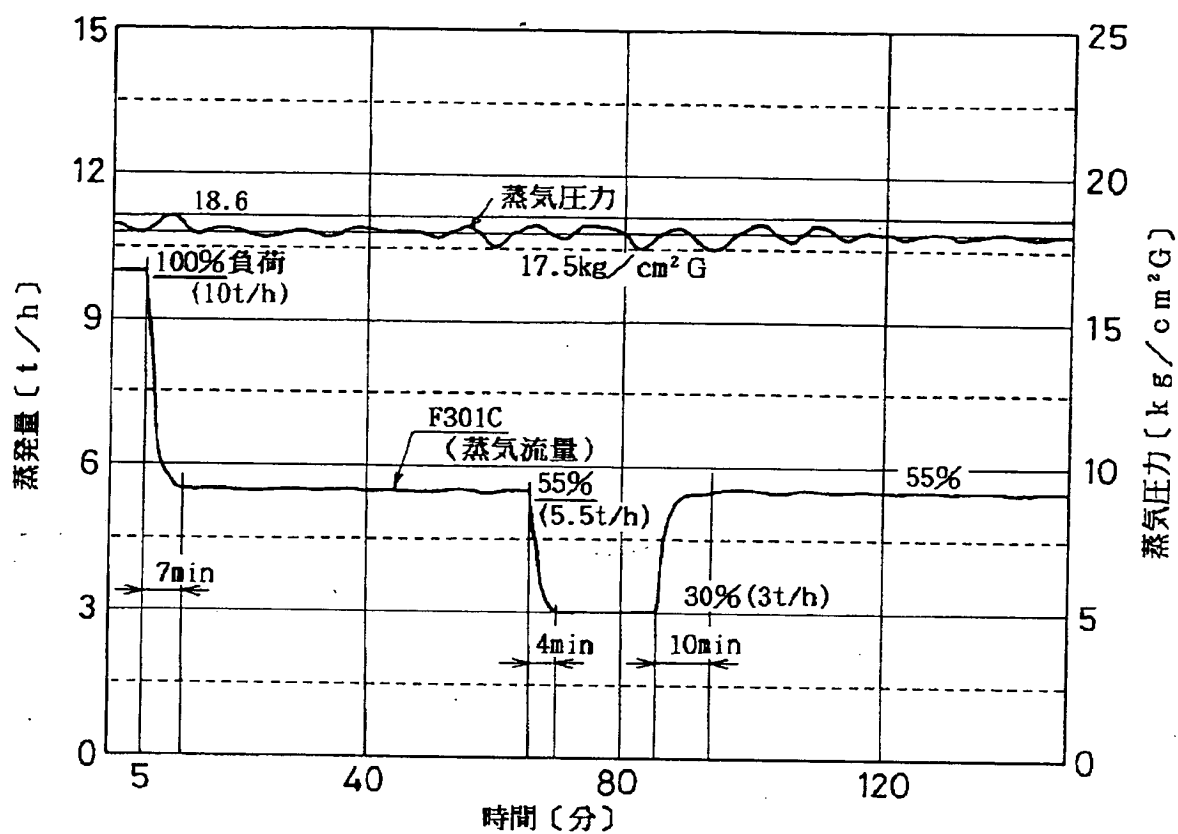


【図10】

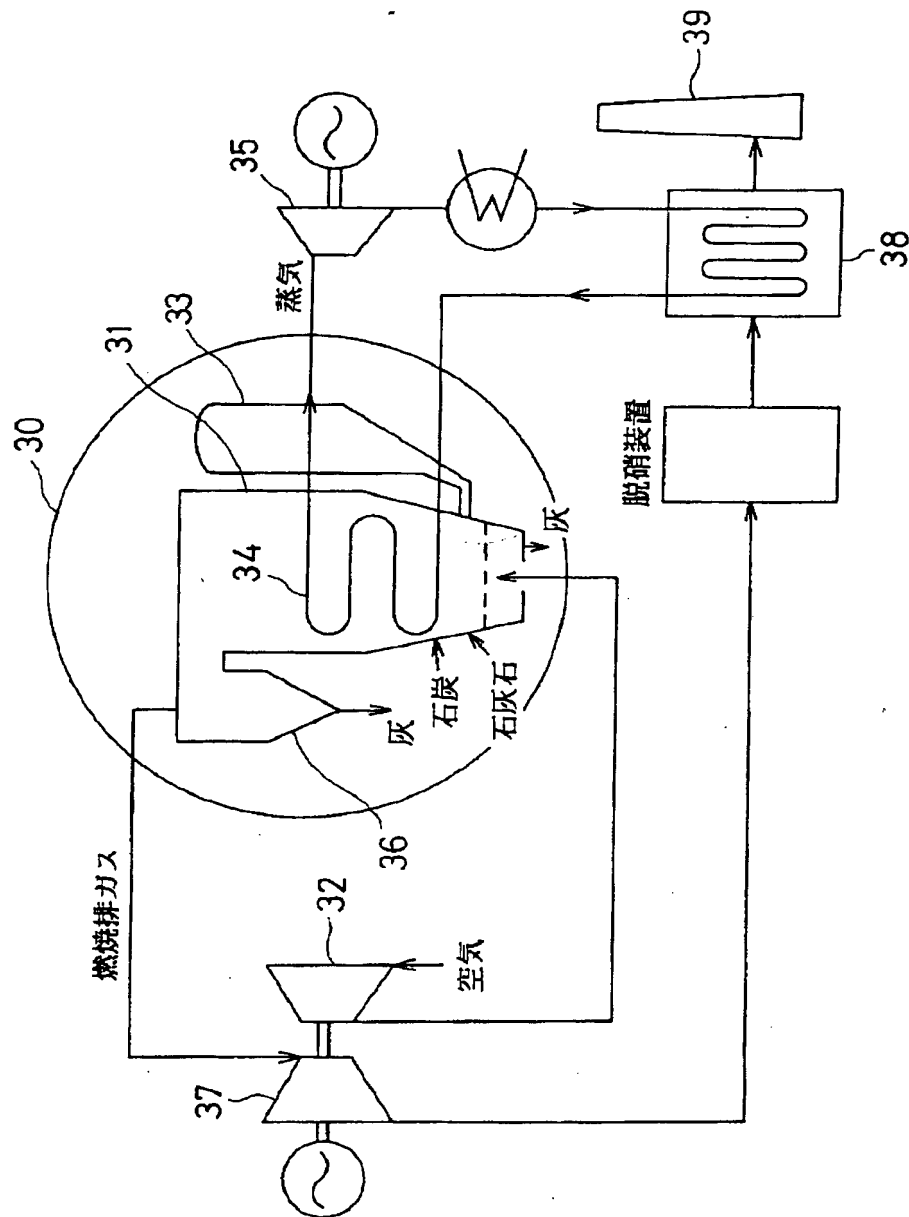




【図11】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 豊田 誠一郎  
 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社  
 荏原製作所内

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第5部門第3区分  
 【発行日】平成11年(1999)7月30日

【公開番号】特開平5-106807  
 【公開日】平成5年(1993)4月27日  
 【年通号数】公開特許公報5-1069  
 【出願番号】特願平3-183513  
 【国際特許分類第6版】

F23C 11/02 310  
 F22B 1/02

F23C 11/02 311  
 【F I】

F23C 11/02 310  
 F22B 1/02 B  
 C

F23C 11/02 311

#### 【手続補正書】

【提出日】平成10年6月12日

#### 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

#### 【補正内容】

【請求項1】 加圧容器内にコンバスタを配設し、該コンバスタ内の加圧流動層で、石炭、オイルコークス等の燃料を燃焼する加圧流動床ボイラにおいて、コンバスタの底部には、上方に向けて少なくとも一側が他側より大きい質量速度で流動化用空気を噴出させる空気分散装置を備えるとともに、該空気分散装置の上方に仕切壁を設けて流動床主燃焼室を構成するとともに、該仕切壁によって前記主燃焼室と仕切られた熱回収室を形成せしめ、該熱回収室内には受熱流体を通じた伝熱面を配備するとともに該熱回収室の底部に熱回収室散気装置を設け、前記主燃焼室においては前記空気分散装置からの噴出空気量を制御して質量速度の小さい空気噴出部上方には流動媒体が沈降拡散する移動層を形成し、質量速度の大きい空気噴出部上方においては流動媒体が活発に流動化し前記移動層上部に向かって旋回せしめることにより旋回流動床を形成せしめるとともに、流動媒体の一部が前記仕切壁の上部を越えて前記熱回収室に入り込むようにし、前記熱回収室散気装置から噴出する散気量を制御して該熱回収室内の流動媒体を沈降循環させるようにしたことを特徴とする加圧内部循環型流動床ボイラ。

#### 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項2

【補正方法】変更

#### 【補正内容】

【請求項2】 前記仕切壁の上部背面側に散気装置を設け、該散気装置近傍には層内伝熱管を配置せず、該散気装置の散気により熱回収室に入ってきた燃料を燃焼させるとともに攪拌・拡散させるようにしたことを特徴とする請求項1記載の加圧内部循環型流動床ボイラ。

#### 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

#### 【補正内容】

【0015】

【課題を解決するための手段】前述した目的を達成するため、本発明の加圧内部循環型流動床ボイラは加圧容器内にコンバスタを配設し、該コンバスタ内の加圧流動層で、石炭、オイルコークス等の燃料を燃焼する加圧流動床ボイラにおいて、コンバスタの底部には、上方に向けて少なくとも一側が他側より大きい質量速度で流動化用空気を噴出させる空気分散装置を備えるとともに、該空気分散装置の上方に仕切壁を設けて流動床主燃焼室を構成するとともに、該仕切壁によって前記主燃焼室と仕切られた熱回収室を形成せしめ、該熱回収室内には受熱流体を通じた伝熱面を配備するとともに該熱回収室の底部に熱回収室散気装置を設け、前記主燃焼室においては前記空気分散装置からの噴出空気量を制御して質量速度の小さい空気噴出部上方には流動媒体が沈降拡散する移動層を形成し、質量速度の大きい空気噴出部上方においては流動媒体が活発に流動化し前記移動層上部に向かって旋回せしめることにより旋回流動床を形成せしめるとともに、流動媒体の一部が前記仕切壁の上部を越えて前記

熱回収室に入り込むようにし、前記熱回収室散気装置から噴出する散気量を制御して該熱回収室内の流動媒体を

沈降循環させるようにしたことを特徴とするものである。